



MINISTERIO DEL AIRE
DIRECCION GENERAL DE PROTECCION DE VUELO

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL

PUBLICACIONES

Serie **A** (Memorias), núm. **15**

**CORRIENTES ELECTRICAS VERTICALES
ORIGINADAS POR LA ACCION DE LAS
PUNTAS BAJO NUBES TORMENTOSAS,
LLUVIA, ETC.**

POR

F. MARTIN BRAVO

Meteorólogo, Doctor en Ciencias, Jefe de la Sección
de Laboratorio del Servicio Meteorológico Nacional

SECCION DE LABORATORIO

Apartado 285. — MADRID

1 9 4 3

4.13
AR
15

AEMET-BIBLIOTECA



1004618
© Agencia Estatal de Meteorología. 2018

R^o: D4112

Sig: 094.13



MINISTERIO DEL AIRE
DIRECCION GENERAL DE PROTECCION DE VUELO

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL

PUBLICACIONES

Serie A (Memorias), núm. 15

CORRIENTES ELECTRICAS VERTICALES
ORIGINADAS POR LA ACCION DE LAS
PUNTAS BAJO NUBES TORMENTOSAS,
LLUVIA, ETC.

POR

F. MARTIN BRAVO

Meteorólogo, Doctor en Ciencias, Jefe de la Sección
de Laboratorio del Servicio Meteorológico Nacional

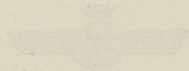
SECCION DE LABORATORIO

Apartado 285. — MADRID

1 9 4 3



15 ENE 2002



MINISTERIO DE AERONAUTICA Y FUERZAS ARMADAS
DIRECCION GENERAL DE PROTECCION DE VUELO

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL

PUBLICACION

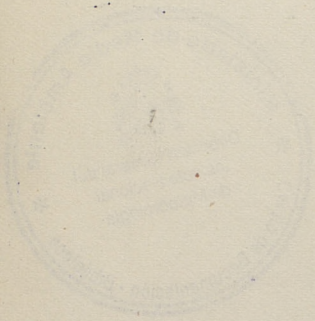
Serie A (memorias), num. 12

CORRIENTES ELECTRICAS VERTICALES ORIGINADAS POR LA ACCION DE LAS PUNTAS BAJO NUBES TORMENTOSAS, LLUVIA, ETC.

FOR

F. MARTIN BRAVO

Meteorólogo, Doctor en Ciencias Exactas y Naturales,
Laboratorio del Servicio Meteorológico Nacional



SECCION DE LABORATORIO
Avenida 292
MADRID

CORRIENTES ELECTRICAS VERTICALES ORIGINADAS POR LA ACCION DE LAS PUNTAS BAJO NUBES TORMENTOSAS, LLUVIA, ETC.

POR

F. MARTIN BRAVO

Meteorólogo, Doctor en Ciencias, Jefe de la Sección
de Laboratorio del Servicio Meteorológico Nacional

CORRIENTES ELECTRICAS VERTICALES
ORIGINADAS POR LA ACCION DE LAS
PUNTAS BAJO NUBES TORMENTOSAS.
LLUVIA, ETC.

por

F. MARTIN BRAVO

Meteorólogo, Doctor en Ciencias, Jefe de la Sección
de Laboratorio del Servicio Meteorológico Nacional

Introducción

Durante mi permanencia en Cambridge el curso 1932-1933, al solicitar del Prof. C. T. R. Wilson un tema para un trabajo de investigación de carácter meteorológico, se me invitó a proseguir el que con el título que encabeza estas líneas había comenzado el año 1925 el ayudante y colaborador de dicho profesor, Dr. Wormell.

El objeto de este trabajo y de los que con el mismo tema se hacen en diferentes lugares de la Tierra es contribuir al esclarecimiento de las causas del mantenimiento del equilibrio eléctrico tierra-atmósfera y al de las cuestiones con él relacionadas, la más importante, la de la polaridad de las nubes, en la cual Simpson y Wilson llevan la dirección de dos opuestas teorías.

Esta investigación la he continuado en el Observatorio de la Universidad de Sevilla en los años 1934 a 1936.

La publicación de los resultados obtenidos en ambos lugares, mínima aportación a la resolución de este interesante problema, es el primer trabajo de esta clase que aparece en España.

Doy las gracias al venerable Prof. C. T. R. Wilson por haberme permitido el honor de trabajar bajo su dirección y dado autorización para la publicación de los resultados de este trabajo; al Dr. Wormell, por su colaboración, y al Prof. Abaurrea, catedrático de Física de la Universidad de Sevilla, por haberme facilitado los medios necesarios para mis medidas en Sevilla.

Sería de gran interés que el Servicio Meteorológico, con la colaboración de las Universidades e Institutos, se encargara de establecer en los diversos puntos de España aparatos de medida para Electricidad atmosférica, interesando en ello a meteorólogos y auxiliares que, por su preparación universitaria, están perfectamente capacitados para compaginar sus tareas de observatorio con las de investigación científica.

La resolución definitiva de este problema de tanto interés exige un gran número de concienzudas determinaciones llevadas a cabo en distintos lugares de la Tierra.

Preliminares

Existe alrededor de la Tierra un campo eléctrico permanente, campo que en condiciones normales de buen tiempo es vertical y está dirigido hacia abajo.

La dirección de este campo demuestra que la tierra Tiene una carga negativa y las capas de aire una positiva.

Sobre una superficie lisa de la Tierra y en condiciones normales se verifica, por tanto, que :

- a) La Tierra lleva una carga de densidad superficial σ por unidad.
- b) Hay un campo vertical de fuerza $F=4\pi\sigma$.
- c) Entre dos planos horizontales próximos a la Tierra hay una diferencia de potencial

$$dV = V_{h+dh} - V_h = - Fdh = - 4\pi\sigma dh$$

La cantidad dV/dh , gradiente de potencial eléctrico, es positivo, en tanto que F es negativo.

El valor medio de dV/dh para buen tiempo es, aproximadamente, 100 v/m. Este valor decrece con la altura.

La dirección *hacia abajo* del campo eléctrico se adopta como *dirección positiva* para los campos eléctricos.

En este campo eléctrico normal los iones positivos se dirigen hacia la Tierra y los negativos van en opuesta dirección.

Este movimiento constituye una *corriente de conducción* dirigida hacia abajo. El valor medio de esta corriente de conducción es de $2 \cdot 10^{-16}$ amps./cm.²

Por tanto, la corriente total entre la atmósfera y la superficie entera de la Tierra tiene un valor aproximado de 1.000 amps.

El valor de esta corriente varía muy poco con la hora del día, estación, lugar geográfico, etc., dato de gran interés para su aplicación en las medidas.

Contrarresta en una pequeñísima fracción de su valor a la corriente de conducción la de *convección* o *acarreo* de origen mecánico (traslado por el viento de iones del mismo signo en exceso en algún punto del aire).

El transporte de electricidad de la atmósfera a tierra por medio de las precipitaciones puede ser considerado como otra forma de corriente más intensa que las anteriores, la *corriente de precipitación*. Es, en general, de la misma dirección que la de conducción (trae también más

carga + que — a tierra) y puede llegar a valores de 2.10^{-11} amps./cm²

El valor de esta corriente varía considerablemente por varias circunstancias y su estudio y la determinación de su valor aproximado total están incompletos todavía por falta, sobre todo, de datos de las regiones ecuatoriales y tropicales. Por Wigand (1) se ha dado la cifra provisional de 400 amps.

Ahora bien, a pesar de la acción continua de estas dos corrientes, la experiencia demuestra que la carga negativa de 500.000 coulombs de la Tierra se mantiene prácticamente constante.

Existe, pues, algún proceso compensatorio o de inversión que neutraliza sus efectos. Al esclarecimiento del mismo tienden las investigaciones de Whipple y Scrase en Kew, Wormell en Cambridge, Schonland en Sud-Africa, Chiplonkar en Bombay y tantos otros, basándose en su mayor parte en la tercera de las teorías que expongo a continuación:

1.^a Ebert supone que el aire ionizado que escapa por los intersticios capilares de la corteza terrestres, que es más rico en iones positivos que en negativos y que proporciona una carga positiva considerable a la baja atmósfera, es elevado a considerables alturas por corrientes convectivas. Parece, sin embargo, que el efecto Ebert en la baja atmósfera es demasiado pequeño y que las corrientes ascendentes del aire son insuficientes para producir la necesaria convección.

2.^a Simpson sugiere que la carga negativa es transportada a la Tierra por las partículas β . La objeción principal a esta teoría está en que la ionización producida en el aire por el número de partículas necesarias para mantener la carga terrestre sería enorme, mucho mayor que la observada.

3.^a C. T. R. Wilson fué el primero en sostener que la causa del mantenimiento de la carga negativa de la Tierra debían ser dos procesos que se originan en las regiones en que las condiciones normales de buen tiempo se alteran por alguno de los fenómenos lluvia, nubes tormentosas, etc., produciendo casi siempre inversiones del campo eléctrico.

Estos procesos que se supone proporcionan a la Tierra grandes cantidades de carga negativa son:

1.º La acción continua de la descarga por las puntas de los conductores sustentados en tierra (2).

2.º La carga transportada a tierra por las tormentas.

Hasta ahora los experimentos hechos para comprobar o refutar la teoría de Wilson la afianzan.

Son necesarios, sin embargo, muchísimos más para aceptarla como definitiva. A continuación expongo los resultados obtenidos por mí en el estudio del proceso primero.

Aparatos empleados en Cambridge para la determinación del signo y magnitud de la corriente vertical producida por la descarga por una punta artificial:

En esencia, la instalación por mí hecha consta de un poste vertical de 12,3 m., abatible, en cuyo extremo superior se coloca un sistema de punta, construido con las máximas garantías de conductibilidad, aislamiento y protección.

Un alambre de cobre revestido de doble capa de goma y plomo es la continuación de la punta y se cierra el circuito a tierra a través de un galvanómetro, intercalando un megaohm para la eliminación de corrientes espúreas.

El galvanómetro empleado es el Cambridge Pot Galvanometer. La parada instantánea de su oscilación, imprescindible en nuestro trabajo, la consigo mediante un shunt de 20 ohms. Con él se llega al límite máximo compatible con la sensibilidad requerida.

Las primeras determinaciones las hice valiéndome de una escala de lectura directa; posteriormente el Solar Physics Observatory adquirió para mí un aparato registrador de dos movimientos, de una y de doce horas.

El poste con la punta receptora está a unos 20 m. de la cúpula en donde están instalados galvanómetro y registrador.

Para sus medidas de corriente, Wormell había empleado un micro-voltámetro totalizador por él ideado (3).

Marcha del experimento

Consiste: 1.º En una comprobación diaria de las buenas condiciones de funcionamiento y aislamiento de los aparatos. 2.º Prueba del aislamiento antes y después de alguna perturbación de interés. 3.º Cada tres o cuatro días, revisión completa y calibrado de los aparatos de medida, iluminación y registro.

La inscripción gráfica de las desviaciones producidas por la corriente aire-tierra o tierra-aire que atraviesa el galvanómetro va acompañada de una observación directa de las condiciones meteorológicas y muy especialmente del movimiento, localización de las nubes con respecto a la punta y clase y espesor de las mismas; dirección y fuerza del viento; comienzo de la precipitación; intensidad en los diferentes momentos del paso de la nube; final de la precipitación y estado general del tiempo y en especial en las localidades más próximas a Cambridge.

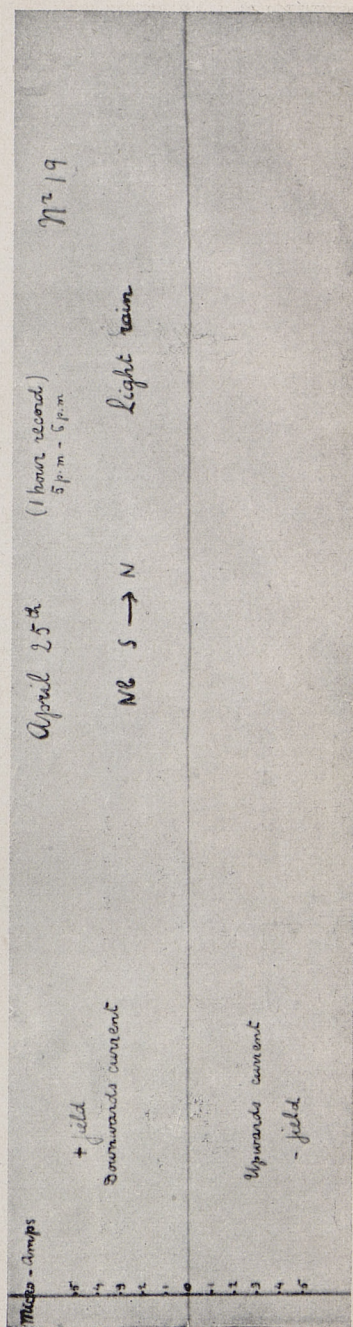
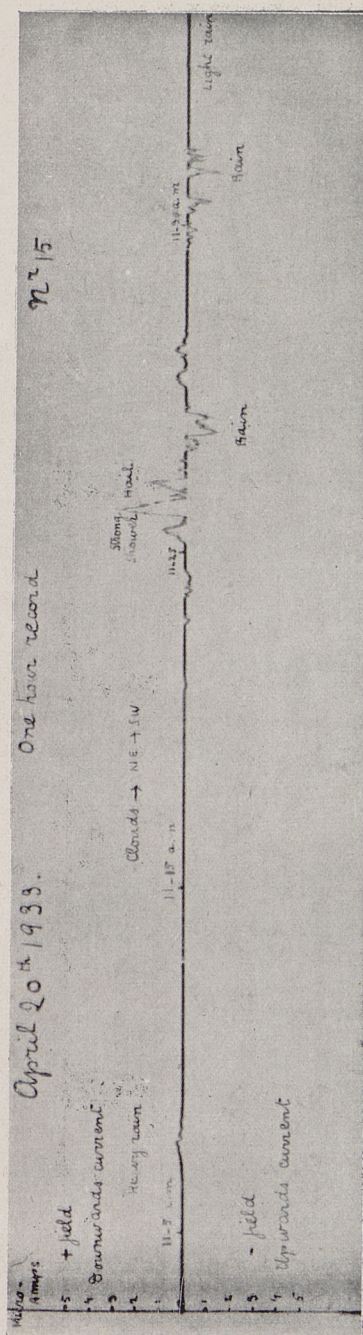
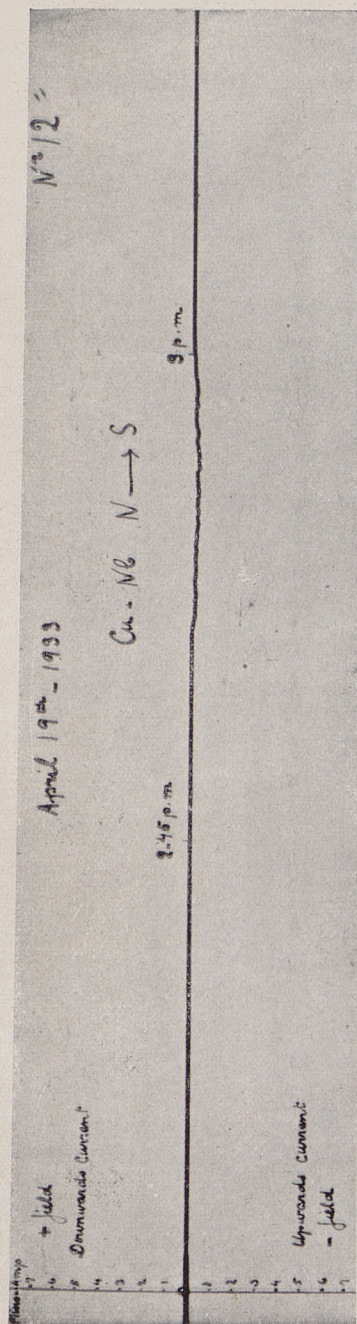
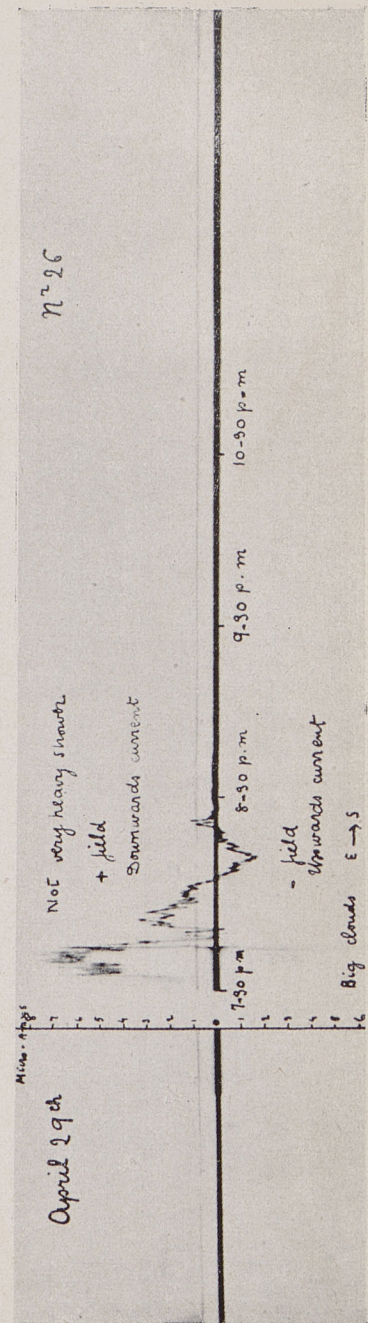
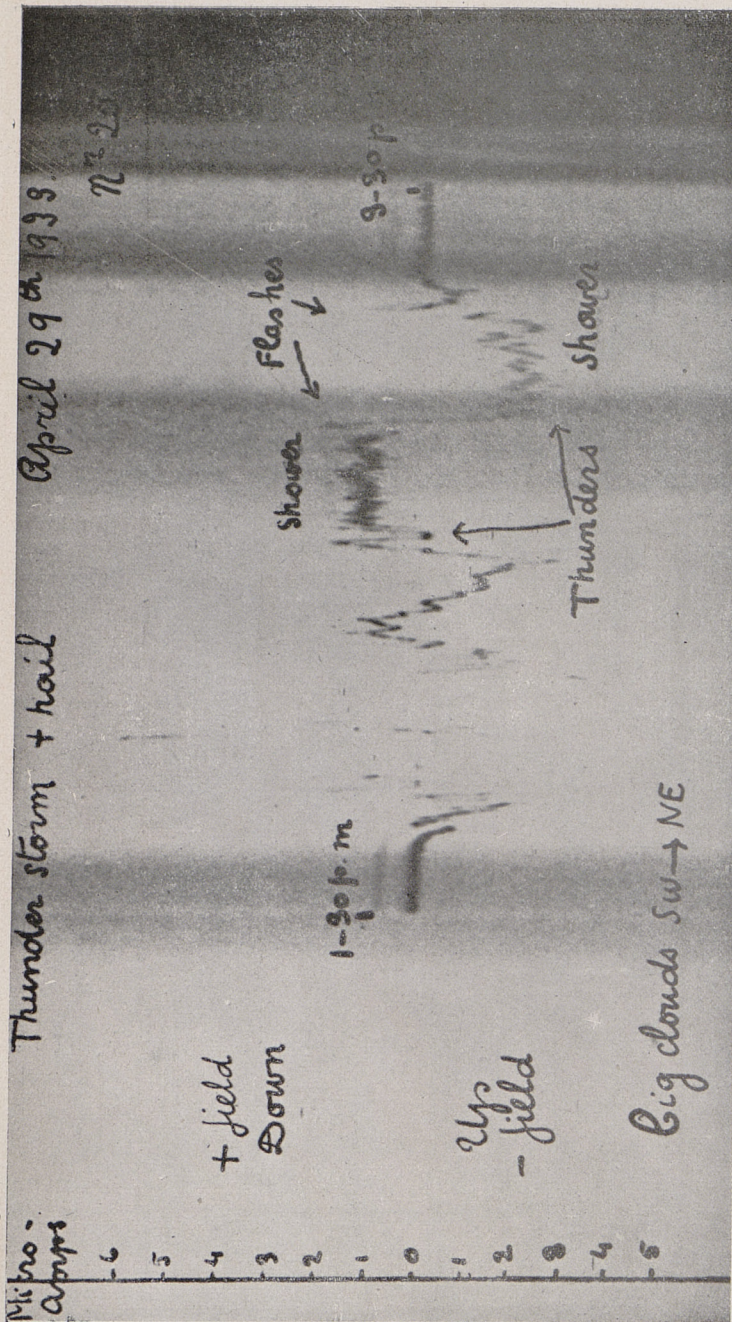


Lámina I



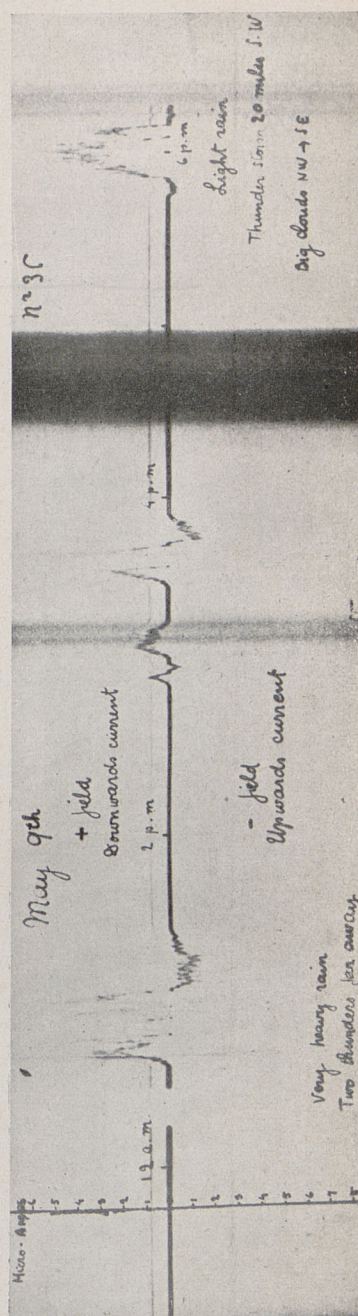
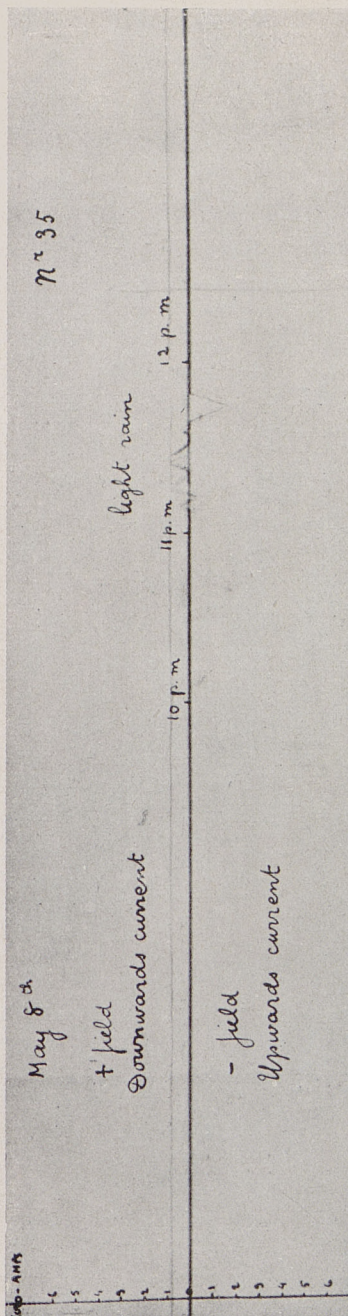
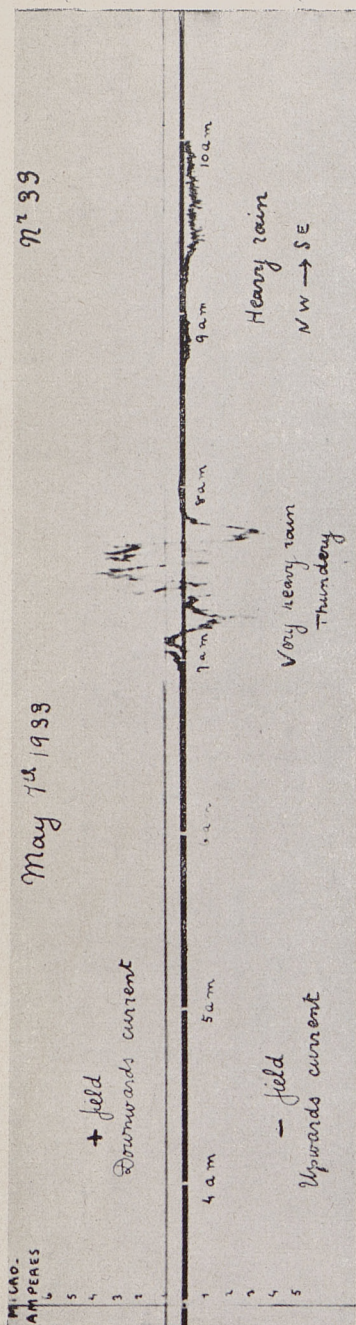
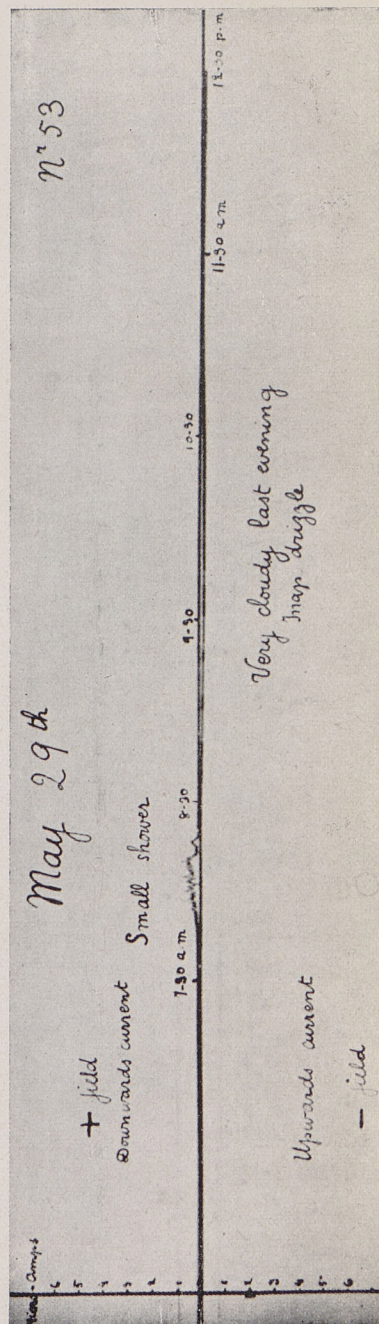
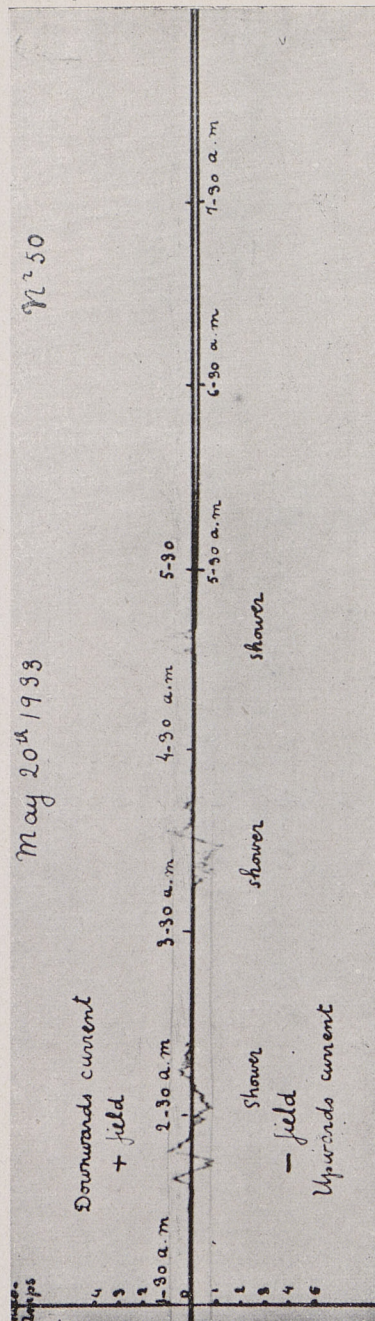
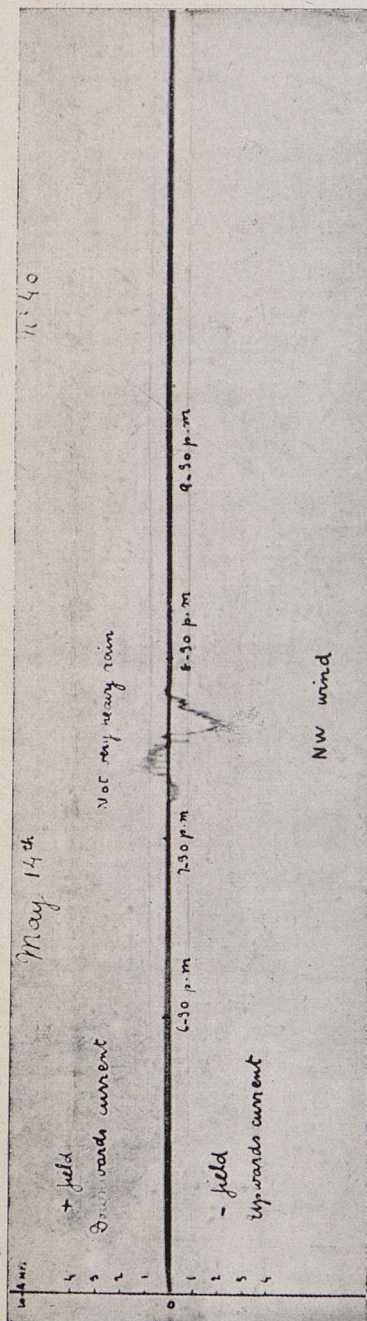
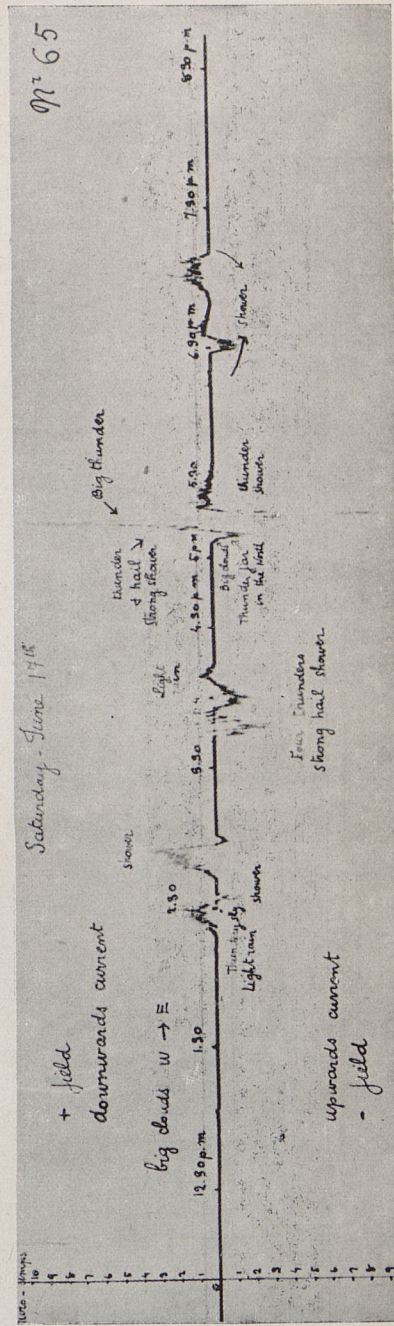
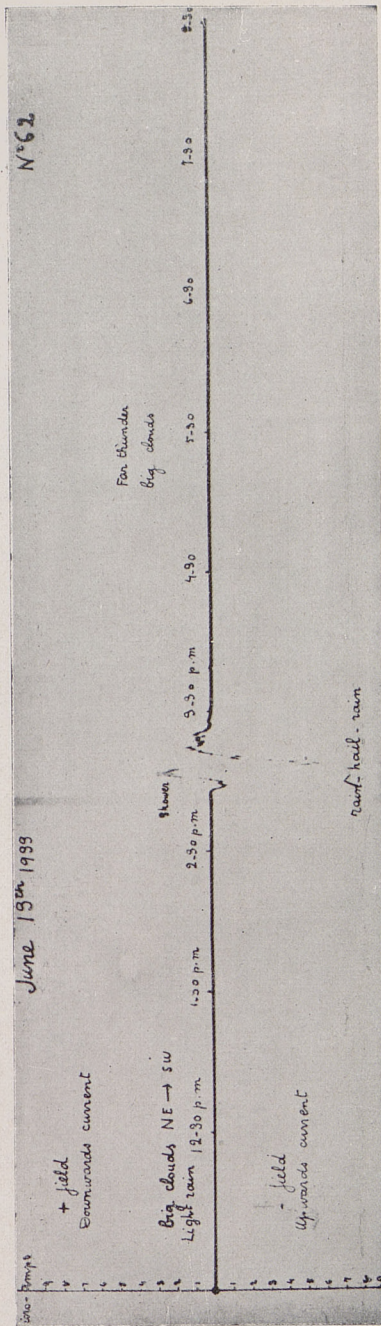
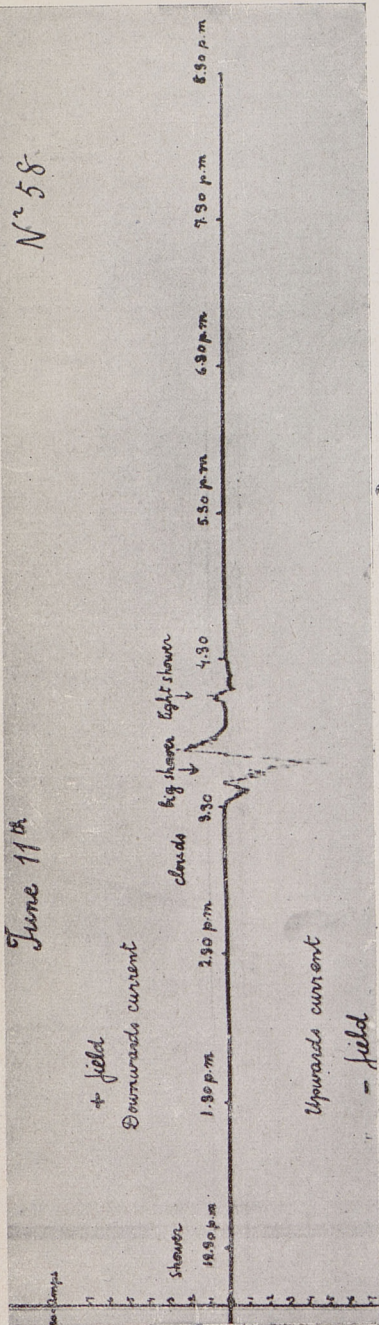


Lámina III





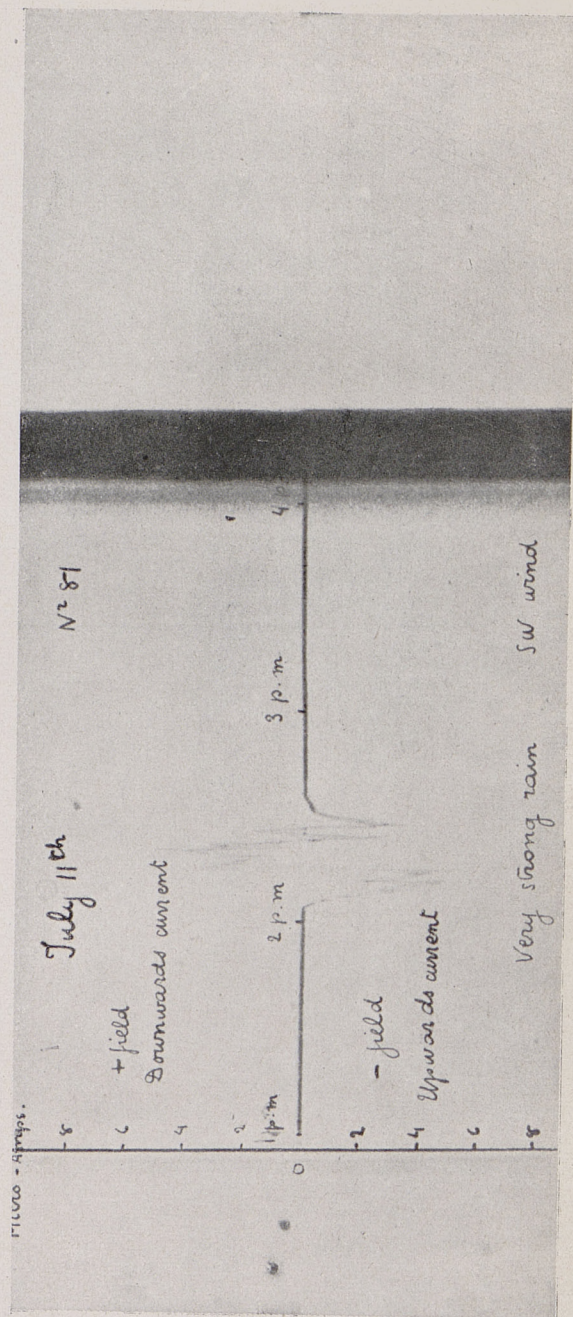
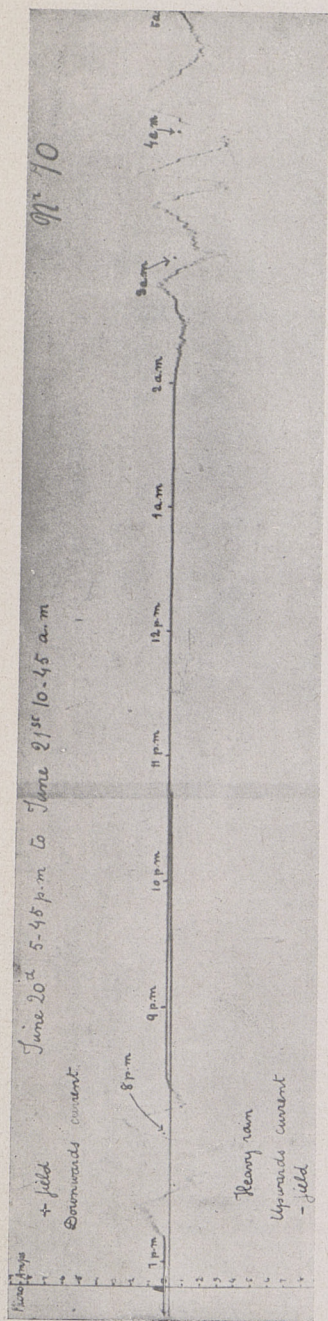
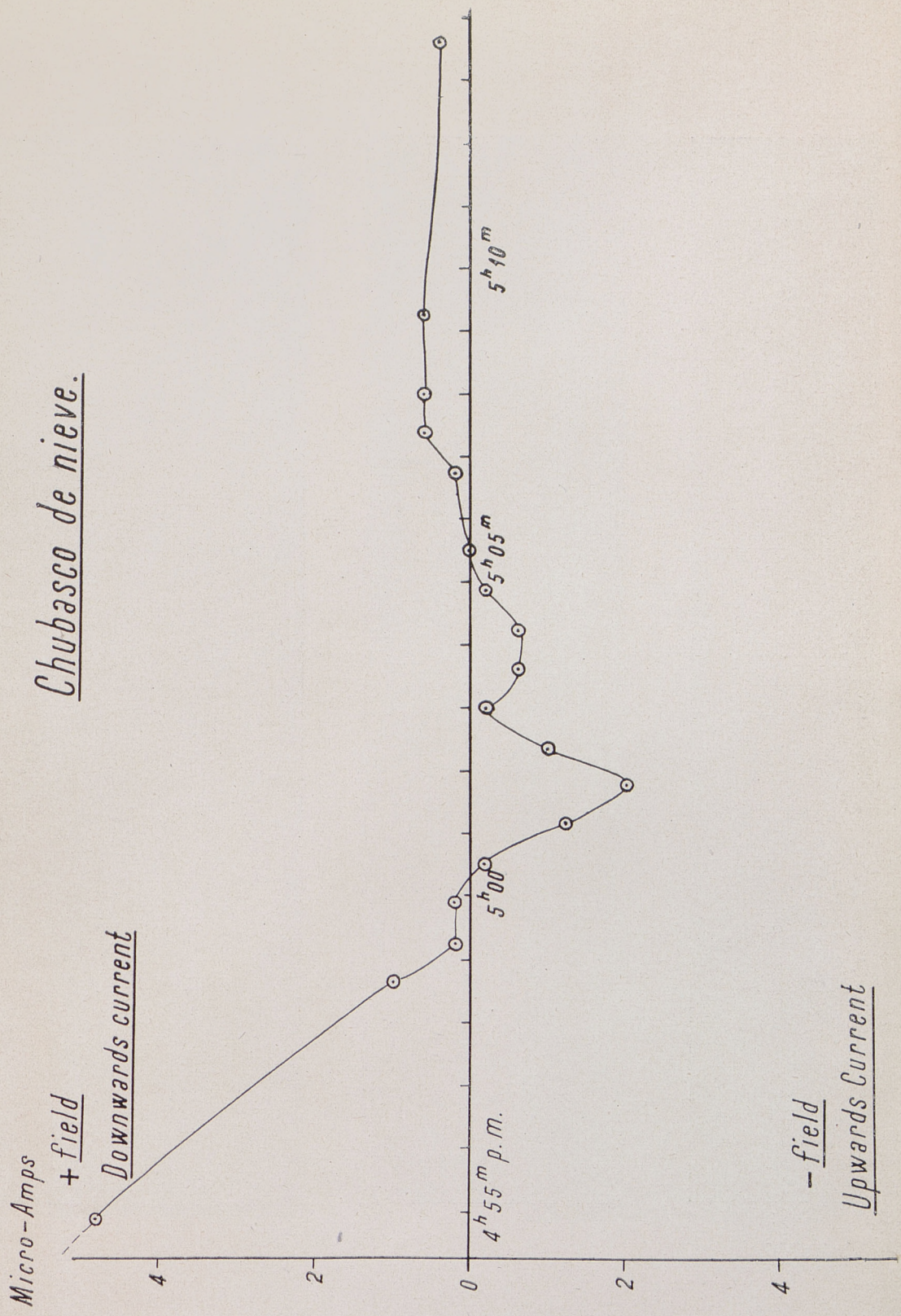


Lámina VI

Feb. 29rd 1933.

Chubasco de nieve.



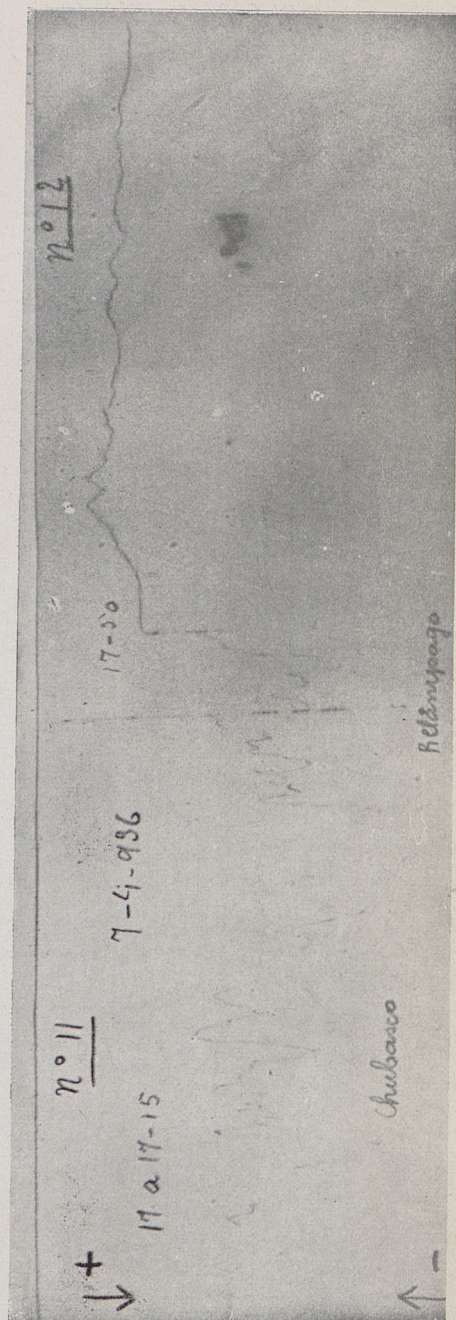
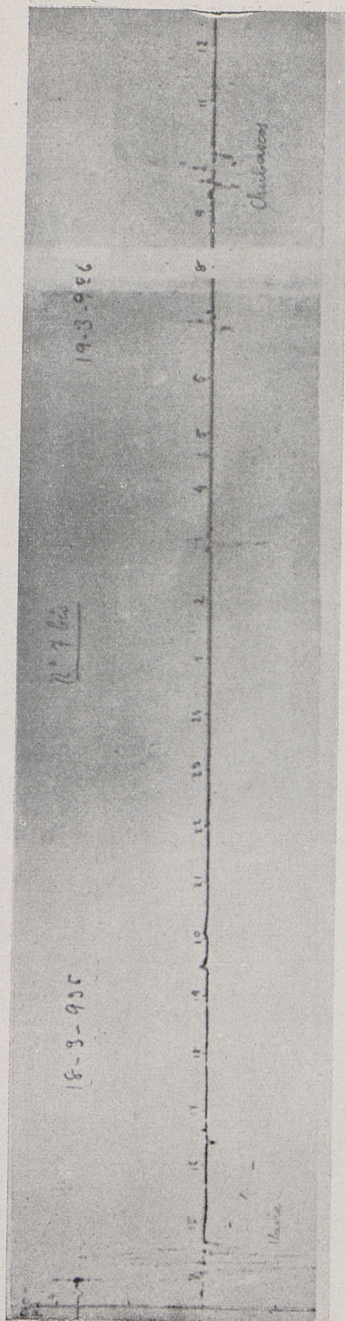
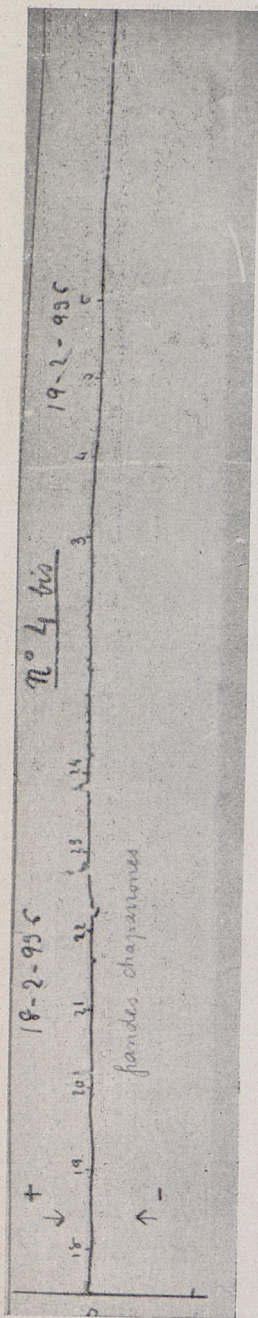


Lámina VIII

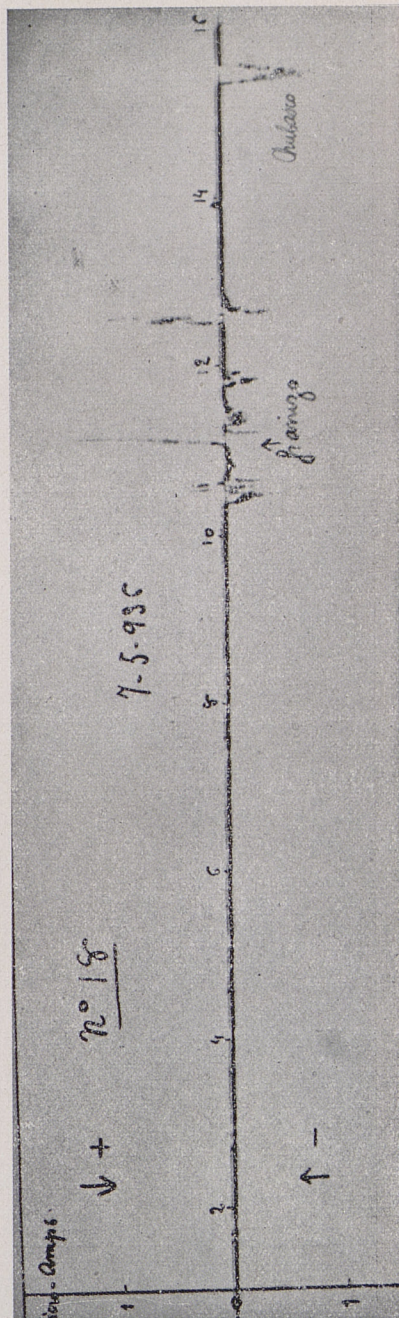
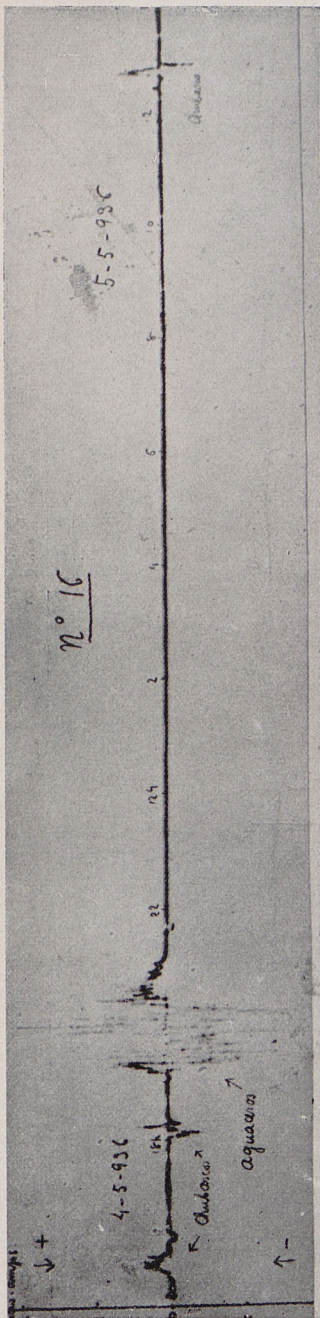


Lámina IX

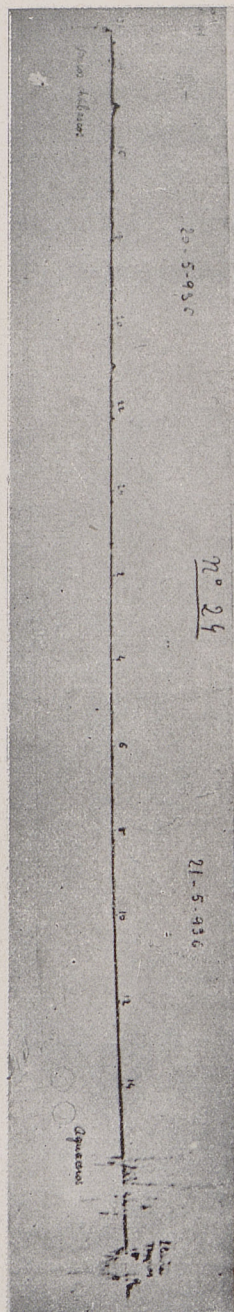
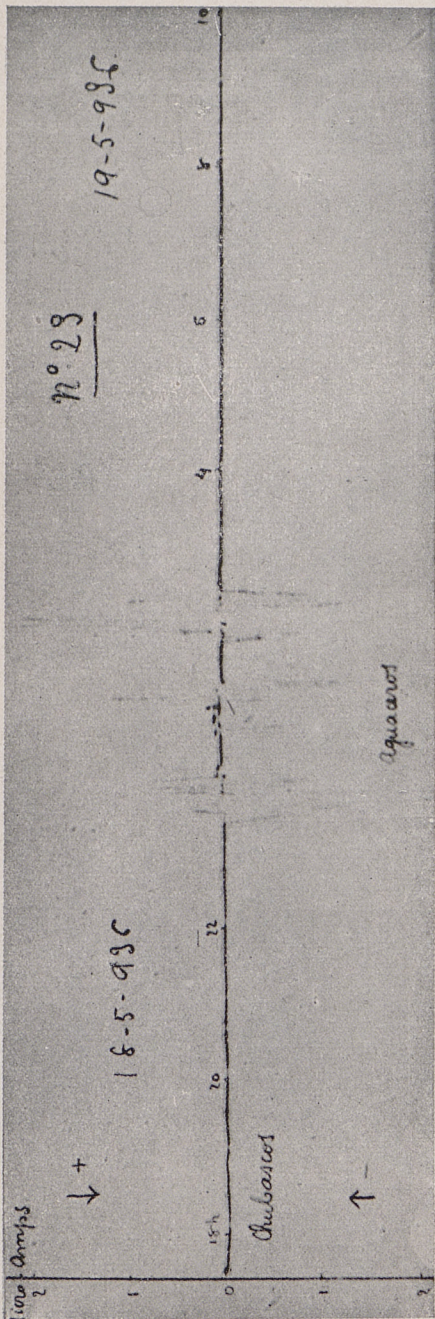


Lámina X

-100 -80

•
•

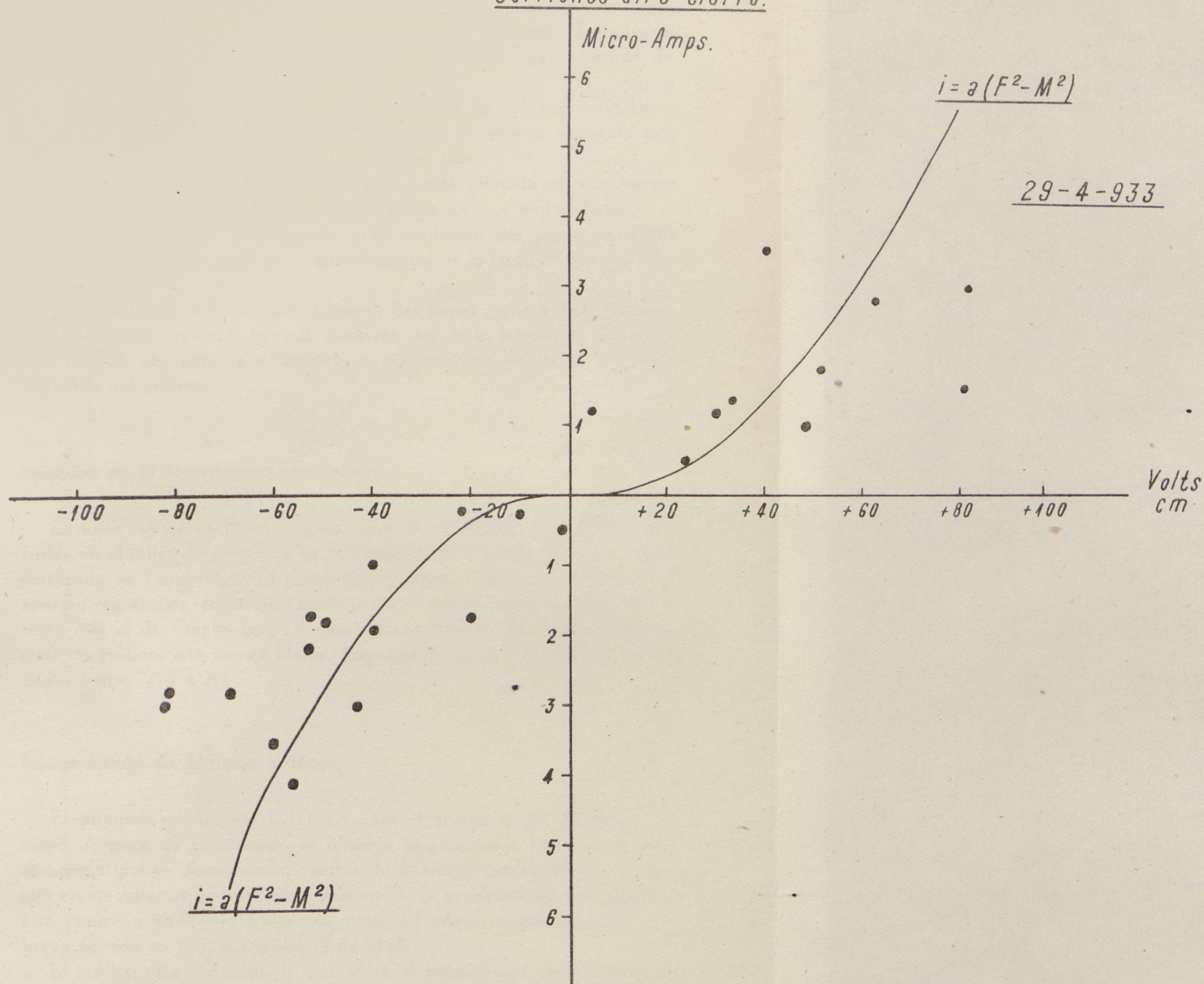
1

Corriente aire-tierra.

Micro-Amps.

$$i = a(F^2 - M^2)$$

29-4-933

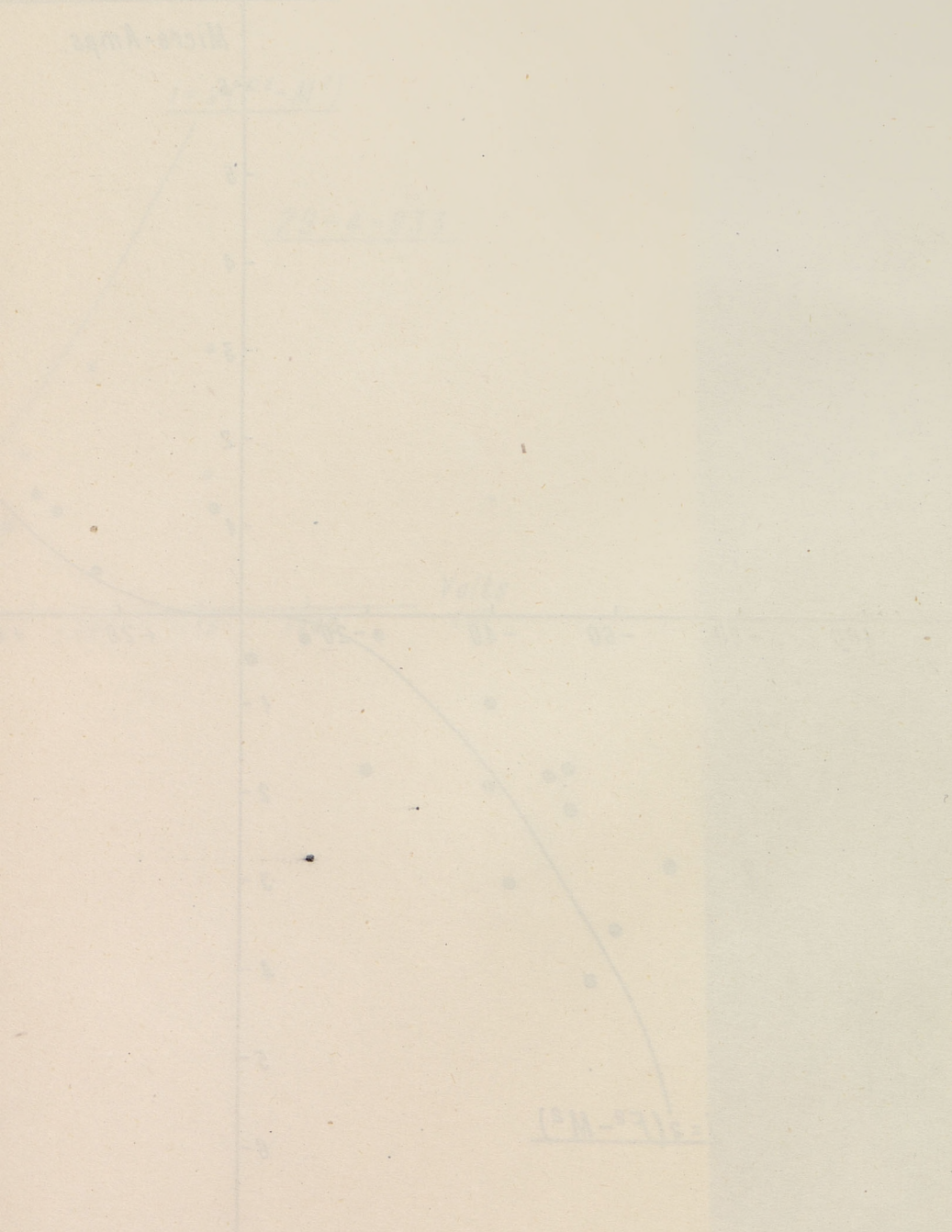


Correspondence file - 1998

Micro-Analysis

1998-1999

1998-1999



1998-1999

Correspondence file - 1998

Además, la correspondiente determinación del campo eléctrico. Esta determinación no he necesitado hacerla, por poder disponer diariamente de los datos obtenidos por Wormell en su instalación para medida de cargas, campo, etc.

A continuación expongo 16 fotografías de gráficos seleccionados entre los 90 impresionados (láms. I a VI). También un gráfico obtenido por lectura directa durante un chubasco de nieve (lám. VII).

Cada uno de estos gráficos fotográficos está dividido en dos partes por un trazo horizontal interceptado por oscilaciones a ambos lados.

El trazo horizontal corresponde a la impresión del punto luminoso sin paso de corriente a través del galvanómetro. A lo largo de él se anotan las horas.

Las desviaciones en la parte superior del papel corresponden al paso de la corriente aire-tierra (dV/dh positivo); las de la inferior al de tierra-aire (dV/dh negativo), y su medida en micro-amps. se lee en la parte izquierda del gráfico.

Medidas en la Universidad de Sevilla

El poste fué instalado en la parte más alta del edificio. La punta, construída en el taller de mecánica de la Facultad de Ciencias, es copia de la empleada en Cambridge. El galvanómetro tiene suspensión cardan y el aparato registrador, construído también en el mismo taller, es más imperfecto que el de Cambridge, así como el sistema de iluminación, por lo cual los gráficos son menos claros. Expongo fotografía de siete seleccionados (láms. VIII a X).

Interpretación de algunos gráficos

El dibujado en lámina VII representa el efecto de un chubasco de nieve. A poco de comenzado se observa una corriente bastante intensa aire-tierra que va decreciendo, cambia de dirección manteniéndose tierra-aire en los minutos de intensidad máxima de la precipitación y al amainar ésta vuelve a aire-tierra hasta que cesa. El mismo efecto produjo otra breve nevada en la mañana del 19 de abril.

El gráfico núm. 12 (lám. I) representa el paso por el observatorio de un gran Cu—Nb sin precipitación. Su efecto es análogo al representado

en el núm. 19 (lám. I) de lluvia muy débil, es decir, inversión del campo normal y producción de una débil corriente tierra-aire.

En el núm. 15 (lám. I) se ven las desviaciones relativamente pequeñas producidas el 20 de abril por la mañana por lluvia fuerte y granizo. La corriente es más intensa, 3 micro-amps., es aire-tierra y corresponde a un fuerte chaparrón. Compárese con el núm. 26 (lám. II), de lluvia no muy fuerte tormentosa el 29 de febrero por la tarde, con desviación máxima aire-tierra de 8 micro-amps.

En el núm. 25 (lám. II) (poco claro por haberse interrumpido varias veces la iluminación durante la tormenta) se ve el efecto de dos horas de tormenta con lluvia densa, granizo y descargas eléctricas en las proximidades de Cambridge, ninguna inmediata. Las medidas del campo momentos antes de las primeras descargas dieron valores máximos de 16.000 v/m. El máximo negativo registrado fué de —15.000 v/m después de varias de aquéllas. Obsérvense las rápidas fluctuaciones y las inversiones del campo por efecto de ellas.

El mismo efecto puede verse en los núms. 36 y 65; este último especialmente (láms. III y V).

En el núm. 62 se observan los efectos combinados de lluvia poco intensa y granizo (lám. V).

En los núms. 33 y 81 aguaceros casi torrenciales (láms. III y VI).

Y, por último, en los restantes, ejemplos de lluvia más o menos intensa.

Relación entre la corriente y el gradiente de potencial

En la lámina XI he dibujado 25 puntos con sus correspondientes valores de dV/dh de los gráficos núms. 25 y 26 del 29 de abril. La curva trazada a través de ellos representa una relación empírica entre la corriente i y el campo F de la forma

$$i = a(F^2 - M^2)$$

M es el mínimo valor del campo para que la descarga sea posible, a es una constante. Para gradientes positivos M se calcula teóricamente en 7,8 v/cm y a en 0,0008. Para gradientes negativos M es 8,6 v/cm y a 0,0010. i se expresa en micro-amps. Hay una considerable divergencia entre los resultados obtenidos y la fórmula teórica, divergencia explicable

puesto que la magnitud de la corriente que atraviesa la punta está influenciada tanto como por el gradiente por la conductividad del aire y por la fuerza del viento. En mi instalación, el valor mínimo aproximado de dV/dh para producir una corriente apreciable del orden de 1 micro-amperio es de 1.000 v/m.

Resultados

Del análisis y medidas en los gráficos y de las observaciones visuales se pueden deducir los que resumiré a continuación :

I) El campo eléctrico normal se intensifica (y puede invertirse) en condiciones de mal tiempo aun por el simple paso de una nube tipo Gr . Cu o Cu—Nb sobre el lugar de observación, en magnitud suficiente para producir una corriente a través de las puntas naturales y artificiales de conductores sustentados en tierra.

II) En estas corrientes (ya observadas por Franklín en 1749) producidas por descarga de puntas en un campo eléctrico alterado por mal tiempo hay un marcado predominio de electricidad positiva tierra-aire.

Hecha la integración de la corriente en uno y otro sentido en períodos de dos horas (1 micro-amp. en dos horas transportaría 7,2 m. C) he obtenido una relación aproximada de 1,9 a 1, es decir, casi el doble, que es la relación obtenida por Wormell.

Esta relación es mayor en invierno (meses de noviembre a febrero), sigue en el equinoccio (septiembre, octubre, marzo y abril) y es mucho menor en verano (mayo a agosto).

III) En todas las estaciones hay una marcada variación diurna, correspondiendo la máxima descarga a las horas de la tarde.

IV) En los períodos del año arriba considerados la descarga es considerablemente mayor en verano y en el equinoccio que en invierno.

V) Al paso de un solo Cu—Nb con o sin precipitación (lluvia) sobre el lugar de la observación, la dirección de la corriente producida depende de la región de la nube que pase sobre él.

El fenómeno más frecuentemente observado es que aquélla es aire-tierra al aproximarse la nube, tierra-aire al paso del centro de la misma sobre la punta y aire-tierra al alejarse.

Hay en estos casos un intenso gradiente negativo bajo la parte central de la nube y, alrededor de esta zona, gradientes positivos, mucho menores, que pueden ser, sin embargo, mucho mayores que el normal de buen tiempo. En algunos casos son incapaces de producir una corriente apre-

ciable. En el caso más corriente de múltiples nubes cruzando el cielo, con o sin precipitación, la marcha de la corriente, según puede verse en la mayoría de los gráficos, es más complicada.

VI) Los temporales de nieve producen una intensificación considerable del campo normal al comienzo de la precipitación, con producción de fuerte corriente aire-tierra. El fenómeno sigue después la marcha normal de la lluvia, pero con menor intensidad en sus fases central y final.

VII) En los gráficos 25, 36, 65 y otros se pueden apreciar las rápidas fluctuaciones del campo ocasionadas por las tormentas próximas al lugar de la observación. El primer efecto de una descarga eléctrica en las proximidades es un repentino cambio de la corriente seguido de una rectificación más o menos rápida a los pocos segundos a su valor inicial. Estos cambios son de varias clases según que el campo preliminar fuera positivo, negativo o indeterminado y pequeño. En cada caso puede haber una intensificación del mismo campo, una disminución o un cambio a negativo o positivo.

El efecto más interesante observado es, sin duda, el del gran número de ocasiones en que el campo, incapaz de producir una corriente apreciable antes del rayo, se intensifica considerablemente después de él, dando lugar a fuertes corrientes.

La explicación más completa y clara de estos hechos y de algunas aparentes paradojas que en ellos se advierten se puede encontrar en la teoría matemática de la distribución de la electrificación en el espacio comprendido entre tierra y nube dada por C. T. R. Wilson en 1925 (4).

VIII) El granizo produce también una rápida intensificación de corriente y, generalmente, una inversión.

IX) Las más intensas corrientes permanentes se producen antes y después de la principal perturbación eléctrica asociada con lluvia fuerte.

X) Los resultados obtenidos en la Universidad de Sevilla son semejantes a los enumerados. Adviértase, sin embargo, que la intensidad de la corriente nunca pasó de los 3 micro-amps., aun en las condiciones de tiempo más alterado. Esta pequeña intensidad dependerá, probablemente, de la colocación de la punta entre edificios y rodeado de otras puntas artificiales.

Conclusiones

Como consecuencia de los hechos experimentales enunciados puede afirmarse, desde luego, que en todo estudio que se lleve a cabo para

resolver el problema del mantenimiento de la carga negativa de la Tierra habrá que contar con el factor de la corriente vertical producida por la descarga por las innumerables puntas naturales y artificiales que cubren su superficie, como con uno de los más importantes y decisivos.

En efecto, de aquellos hechos hemos podido deducir las siguientes consecuencias :

1.^a Los árboles (*), arbustos, aun la simple hierba, las puntas metálicas de los edificios, etc., actúan de una manera continua sobre toda la superficie de la Tierra en mal tiempo, y hemos visto que el resultado de esta actuación es una pérdida considerable de electricidad positiva por la Tierra.

El valor numérico aproximado de esta pérdida en Cambridge a través de la punta artificial empleada fué de 0,10 culombios anuales. Se han hecho medidas de las cuales resulta comparable la punta empltada con un árbol pequeño.

Para dar una idea algo aproximada del efecto total de las corrientes conocidas sobre 1 Km² en un año en Cambridge recojo datos de Wormell de corrientes de buen tiempo y de precipitación y efecto de tormentas y el resultado es :

Corriente de buen tiempo	+ 60 coulombs
Corriente de precipitación	+ 20 »
Descarga de rayos	— 20 »
Corrientes de descarga por puntas	+100 »

De ser exacto este cálculo, la Tierra ganaría en Cambridge carga negativa. No creo (y espero poder afianzar en alguna ocasión este supuesto) que la corriente tierra-aire a través de las puntas sea el único factor, además de la conocida acción de las tormentas, que contrarresta el efecto de las corrientes aire-tierra, pero, evidentemente, es uno de ellos y, quizá, el más importante.

(*) Es curioso el experimento de Schonland hecho en un árbol pequeño en Sud-Africa, en las proximidades de una tormenta. El árbol era de 4 m., cortado por su base, aislado y conectado a tierra a través del galvanómetro :

v/m	Micro-Amps.
— 3.500	0,07
— 3.500	0,20
—11.000	1,00
—16.000	4,00

La multiplicación de instalaciones de medida en diferentes y estratégicos puntos del globo lo comprobará y permitirá obtener datos numéricos más concretos.

Desde julio de 1932 en que se estableció un registro continuo en Kew, hasta la fecha, son numerosos los investigadores que han prestado su atención a este punto de una manera sistemática.

Las dificultades naturales del momento para la adquisición de revistas y el no haber llegado a tiempo los datos pedidos por correspondencia, me impiden resumir en este lugar los resultados obtenidos últimamente.

2.^a Un estudio comparativo de la variación diurna de la corriente que estudiamos con la de las tormentas alrededor del globo, hecho por F. J. W. Whipple, permite establecer su semejanza y suponer su íntima relación con la variación del gradiente de buen tiempo y su dependencia, por lo tanto, del tiempo universal.

La importancia de esta conclusión es fundamental si, como es de esperar, puede en breve ser considerada como definitiva.

3.^a De las fluctuaciones de la corriente al paso de las diferentes secciones de un Cu—Nb sobre la punta de descarga y de las correspondientes determinaciones del campo se puede deducir que los Cu—Nb son nubes de polaridad positiva, es decir, con su carga positiva en la parte superior y en la inferior la negativa.

Esta suposición viene en apoyo de la hipótesis de Wilson sobre la constitución del Cu—Nb, hipótesis hecha después de otro tipo de experimentos y que, en su enunciado, es opuesta a la anterior y conocida de Simpson (*).

De ser cierta la constitución bipolar positiva de los Cu—Nb, las acciones descritas no se limitarían al espacio comprendido entre la superficie de la Tierra y la base del Cu—Nb, sino que éste desempeñaría un papel fundamental al actuar como un generador eléctrico, transportando la electricidad positiva removida de la Tierra a las capas conductoras de la alta atmósfera y manteniendo así entre ésta y la Tierra (y, prácticamente, entre la Tierra y las capas de Kennelly Heaviside, dada la gran conductibilidad del aire sobre los 15 Kms.) la diferencia de potencial aproximado de $3,10^5$ volts. obtenido por integración de los valores de dV/dh hasta los 15 Kms.

La demostración efectiva de esta hipótesis está en la comprobación de

(*) Sin embargo, éste mismo afirma que las contradicciones son más aparentes que reales y que no modifican su teoría. No es imposible que los dos mecanismos actúen a un mismo tiempo en la nube.

la existencia de gradientes negativos en la parte superior de la nube y de la corriente positiva dirigida hacia arriba de nube a alta atmósfera, contrarrestando la inversa de buen tiempo.

En 1932 se hacían en Cambridge preparativos para sondeos con avión con este objeto. También en Kew para globos sondas.

Para terminar: todo parece indicar que, por el camino emprendido, no transcurrirá mucho tiempo sin que las varias cuestiones en estudio queden aclaradas, y con ello quede también definitivamente resuelto el problema más importante de la electricidad atmosférica: el del mantenimiento de la carga negativa de la Tierra.

B I B L I O G R A F I A

- (1) WIGAND: Phys. Zeit., 26, p. 81 (1925).
- (2) C. T. R. WILSON: London Philos. Trans, A, 221, 1920, p. 24.
- (3) T. W. WORMELL: Roy. Soc. Proc. A, Vol. 115, 1927 y Roy. Soc. Proc. A, Vol. 127, 1930.
- (4) C. T. R. WILSON: London, Proc. Phys. Soc. 37, 1925, p. 320.
- (5) SCHONLAND: Proc. Roy. Soc., A, 118, p. 252 (1928).

NUEVAS
GRAFICAS
Tel. 33029
M a d r i d

M94
MA
A